

**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL CESTOVNI PROMET
STRUČNI STUDIJ PROMETA**

Zrinka Štrkalj

**PRIMJENA ELEKTRIČNOG I HIBRIDNOG POGONA
U AUTOMOBILIMA**

Završni rad

Šibenik, 2015.

**VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL CESTOVNI PROMET
STRUČNI STUDIJ PROMETA**

**PRIMJENA ELEKTRIČNOG I HIBRIDNOG POGONA
U AUTOMOBILIMA**

Završni rad

Kolegij: Sredstva i eksploatacija sredstava cestovnog prometa

Mentor: Prof.dr.sc. Ivan Mavrin

Student: Zrinka Štrkalj

Matični broj studenta: 137611231

Šibenik, kolovoz 2015.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ELEKTRIČNI POGONI	2
2.1.Povijest električnih automobila	3
2.2.Nedostatci električnih automobila	5
2.3.Spremišta energije	6
3. HIBRIDNI POGONI	10
4. KLASIFIKACIJA HIBRIDNIH POGONA	11
4.1.Serijska izvedba	12
4.2.Paralelna izvedba	14
4.3.Serijsko-paralelna izvedba	16
5. DANAŠNJA HIBRIDNA VOZILA I ONA KOJA SE OČEKUJU U BUDUĆNOSTI	17
5.1.Hibridno vozilo na pogon gorivnim ćelijama	17
5.2.PHEV – Plug-in hibridno električna vozila	19
5.3.Vozilo s pogonom na komprimirani zrak	23
5.4.Potpuno hibridno vozilo serijsko-paralelne izvedbe	25
6. AKUMULATORSKA BATERIJA	27
6.1.Značajke akumulatorskih baterija	28
6.2.Nikal-metal-hidridne baterije	29
6.3.Litij-ionska baterija	31
7.POTICAJI I ULAGANJE U HEV	32
8.ZAKLJUČAK	35
9.LITERATURA	36
Popis slika	39

Veleučilište u Šibeniku

Završni rad

Odjel Promet

Preddiplomski stručni studij Prometa

PRIMJENA ELEKTRIČNOG I HIBRIDNOG POGONA U AUTOMOBILIMA

ZRINKA ŠTRKALJ

Branitelja Domovinskog rata 2B, 22 000 Šibenik, zrinka777@hotmail.com

U radu se opisuje pojava električnih i hibridnih vozila, osnovna podjela, problematika, izvedba, njihov nestanak s prometnica i ponovni povratak. Cijene nafte i naftnih derivata prisilile su automobilsku industriju na razvoj efikasnijih automobila. Samo je pitanje vremena kada će cijena nafte, kao i svijest o zaštiti okoliša toliko ojačati da će klasična vozila na cestama posve nestati, a zamijenit će ih ona električna i hibridna. Dok hibridna vozila ispuštaju manje otrovnih plinova, električna vozila ne ispuštaju plinove uopće, niti ne zagađuju okoliš bukom. Hibridna vozila su trenutačno najzanimljivija alternativa klasičnim automobilima. Glavni razlog njihovog daljnjeg razvoja je rješavanje ekološkog problema zagađenja i iscrpljivanje rezervi nafte koja je trenutno primarno. Rješenje je moguće u oživljavanju proizvodnje nuklearne energije.

(36 stranica / 18 slika / 0 tablica / 5 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: električni pogon, hibridni pogon, klasifikacija hibridnih pogona, značajke baterija, poticaji i daljnja ulaganja

Mentor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Rad je prihvaćen za obranu:

BASIC DOCUMENTATION CARD

Polytechnic of Šibenik
Department of Traffic
Professional Undergraduate Studies of Traffic

Final paper

APPLICATION OF ELECTRIC AND HYBRID DRIVE IN CARS

ZRINKA ŠTRKALJ

Branitelja Domovinskog rata 2B, 22 000 Šibenik, zrinka777@hotmail.com

This paper describes the emergence of electric and hybrid vehicles, basic division, problems, design, their disappearance from roads and return. Prices of petroleum and petroleum products have forced the automotive industry to develop more efficient car. Only a matter of time before the price of oil, as well as environmental awareness strength of the classic vehicles on the roads completely disappear and will be replaced by one electric and hybrid. While hybrid vehicles emit fewer toxic gases, electric vehicles do not emit gases at all, do not pollute the environment noise. Hybrid vehicles are currently the most interesting alternative to conventional cars. The main reason for their further development is solving environmental problems of pollution and the depletion of oil reserves, which is now the primary. The solution can be in the revival of nuclear energy.

(36 pages / 16 figures / 2 tables / 5 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Keywords: electric drive, hybrid drive, classification of hybrid drive, features battery, incentives and further investment

Supervisor: prof. dr. sc. Ivan Mavrin

Paper accepted:

1. UVOD

Krajem 19. stoljeća s masovnom proizvodnjom punjivih baterija započinje zamjetna upotreba električnih vozila. U radu se opisuje pojava električnih i hibridnih vozila, osnovna podjela, problematika, izvedba, njihov nestanak s prometnica i ponovni povratak. Prema statističkim podacima iz 2001. godine u svijetu je bilo 700 miliona vozila s motorom na unutrašnje sagorijevanje od čega čak 213 miliona otpada samo na USA, a samo 100 miliona na zemlje u razvoju. Udio električnih vozila u cestovnom prometu je zanemarivih 0.05%.

Cijene nafte i naftnih derivata prisilile su automobilsku industriju na razvoj efikasnijih automobila. Samo je pitanje vremena kada će cijena nafte, kao i svijest o zaštiti okoliša toliko ojačati da će klasična vozila na cestama posve nestati, a zamijenit će ih ona električna i hibridna. Dok hibridna vozila ispuštaju manje otrovnih plinova, električna vozila ne ispuštaju plinove uopće, niti ne zagađuju okoliš bukom. Hibridna vozila su trenutačno najzanimljivija alternativa klasičnim automobilima.

Zahvaljujući elektromotoru koji se uključuje kada automobilu zatreba više snage, obujam motora s unutarnjim izgaranjem se smanjuje, a time i emisija štetnih plinova te potrošnja. Baterija koja pogoni elektromotor puni se u režimu regenerativnog kočenja gdje se energija koja se oslobađa prilikom kočenja elektromotorom vraća natrag u bateriju. Samo ove dvije promjene omogućavaju uštedu gotovo 50 posto goriva.

2. ELEKTRIČNI POGONI

Električna vozila su sva vozila koja na neki način koriste električnu energiju za pokretanje pogonskog stroja. Mogu se podijeliti u šest osnovnih skupina:

- tradicionalna električna vozila
- hibridna vozila
- el. vozila na gorive ćelije ili metal-zrak baterije
- električna vozila koja energiju dobivaju preko zračnog voda
- električna vozila na solarne ćelije
- el. vozila na zamašnjake i superkondenzatore

Elektromotorni pogoni, u odnosu na motore s unutarnjim izgaranjem, znatno su tiši u pogonu i ne proizvode štetne tvari. Zbog toga su vrlo dobri tamo gdje je to značajno, primjerice u središtima gradova, lječilištima, rekreacijskim centrima. Kako im je radno područje brzina vrtnje vrlo velika, omogućena je vožnja bez mjenjača. Osnovni je problem proizvodnja i pohrana električne energije. Ukupna im je korisnost niža nego u modernim otto i dizel pogonima. Ostali nedostaci su mali radijus gibanja, visoka cijena i veliki prostor potreban za baterije.¹

¹ Bohner M i sur.: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište Zagreb, Zagreb, 2006., str.162

2.1. Povijest električnih automobila

Dostupnost punjivih baterija i jednostavna konstrukcija elektromotora dovode do relativno rane pojave električnih vozila. Do 1830. godine sav transport se odvijao isključivo na parni pogon. Nakon 1830 niz otkrića, patenata i tehničkih usavršavanja dovodi do funkcionalnih električnih vozila:

- 1831 Faradejev zakon dovodi do razvoja istosmjernog motora
- 1834 Baterija pokreće električno vozilo
- 1851 Baterija pokreće električno vozilo brzinom 31 km/h
- 1859 Razvijen punjivi olovni akumulator
- 1874 Prva kočija pokretana baterijama

1899. g. Camille Jenatzy obara brzinski rekord od 100 km/h a 1901. godine u New Yorku se pojavljuje prvi električni taksi. 1900 godine, prodalo se 4200 automobila, od toga 40% na parni pogon, 38% električnih i 22% na benzin.

Slika 1. Povijest električnog automobila



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=povijest+elektri%C4%8Dnih+auta&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0C

Do kraja 20tih godina 20og stoljeća nekoliko stotina električnih vozila bilo je na cestama. Karakteristike nekih od električnih vozila toga vremena su brzine od 24 km/h u 1897. godini do 65 km/h u 1900. godini i 80 do 150 km autonomije po ciklusu punjenja (domet). Unatoč prvobitnim predviđanjima, neugodnosti prilikom punjenja akumulatora, jeftino gorivo i samostartajući motor iz 1911.g. potisnuli su 1920g. električna vozila sa cesta. Ponovni interes za električna vozila raste nakon uočavanja prvih ekoloških problema 60tih godina prošlog stoljeća. General Motors proizvodi prototipove svoja prva dva elektromobila „Electrovair I“ (1964) i „Electrovair II“ (1966) slijedećih karakteristika:

- trofazni motor, 85 kW, 13000 min⁻¹
- pokretanje motora pomoću DC-AC pretvarača na bazi silikonskih ventila
- baterija srebro-cink , 512 V, mase 310 kg
- najveća brzina: 130 km/h
- domet: 65 do 130 km
- ubrzanje: 0 – 100 km za 16 s
- težina vozila: 1550 kg

Nažalost tehnologija 60tih nije bila komercijalno isplativa. Naftna kriza i embargo na naftu iz 1973. godine potiče Sjedinjene Američke Države na razvoj električnih vozila. 1975. godine 325 vozila se predaje na testiranje američkim poštanskim službama. 1976. razvija se prva standardizacija električnih vozila za komercijalnu i osobnu upotrebu. Jedan od zahtjeva na električna vozila je da neelektrična potrošnja energije ne smije prelaziti 75% ukupne energetske potrošnje vozila. Kao rezultat toga uslijedilo je General Motorsovo električno vozilo slijedećih karakteristika:

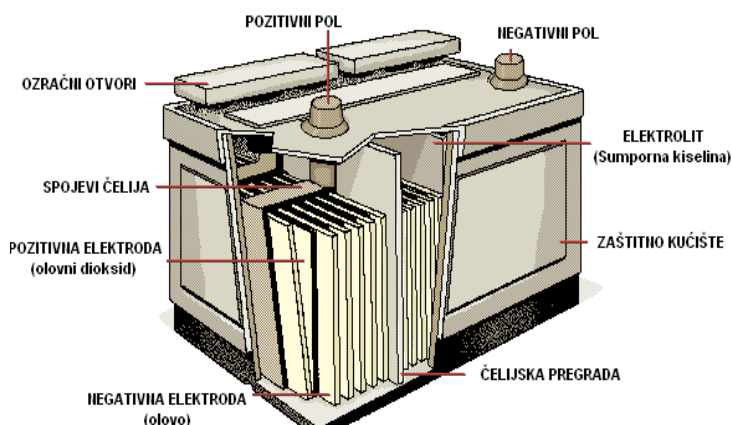
- zasebno uzbuđen istosmjerni motor, 25 kW, 2400 min⁻¹
- baterija Ni-Zn, 120 V, 333 kg
- dodatna baterija Ni-Zn, 14 V
- energetska elektronika motora zasnovana je na tiristorima i bipolarnim tranzistorima
- najveća brzina: 100 km/h
- domet: 100 – 130 km
- ubrzanje: 0 – 90 km/h za 27 s

2.2. Nedostatci električnih automobila

Osnovni problem ranih električnih vozila u odnosu na motor s unutrašnjim sagorjevanjem (ICM - eng. Internal Combustion Motor) je u maloj specifičnoj energiji tj. uskladištenoj energiji po kilogramu mase. ICM ima približno 9000 Wh/kg dok vozila na električni pogon (EV – eng. Electric Vehicle) s olovnim akumulatorom imaju svega 30Wh/kg. Ako u obzir uzmemo stupanj korisnog djelovanja ICM-a $\eta_{ICM} = 0.2$ i EVa $\eta_{EV} = 0.9$ proizlazi da je specifična energija za ICM 1800 Wh/kg a za EV 27Wh/kg. Drugim riječima, ako bi vozilo trebalo preći 50 km za ICM bi bilo potrebno 4,5 l tj. 4 kg goriva, dok bi za EV bio potreban olovni akumulator od 270 kg.

Osim mase akumulatora EVa, problem je i visoka cijena baterija te relativno kratko trajanje životne dobi akumulatora od prosječno 5 godina.

Slika 2. Olovni akumulator



Izvor:

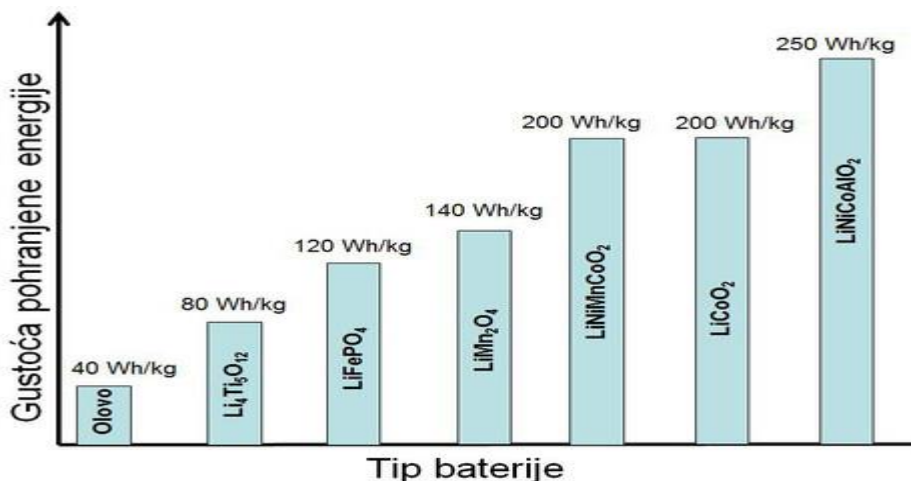
https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIs-vFo8ScyAIVy1wsCh2Geg7U#tbm=isch&q=olovni+akumulator

2.3. Spremišta energije

Stupanj djelovanja električnog dijela vozila se kreće oko 80%, ali efektivan stupanj djelovanja ne više od 32%. Kao rezultat toga emisija štetnih plinova je pomaknuta na područje elektrane koja proizvodi električnu energiju. U konačnici to je puno veći stupanj korisnog djelovanja od ICM-a koji u prosjeku ima $\eta = 0.28$.

Samo za usporedbu hibridna vozila imaju $\eta = 0.41$. Njihova upotreba smanjuje zagađenje za 55 %, a korištenje goriva pada na 70 % vrijednosti ICM-a. Vozila s gorivim ćelijama imaju $\eta = 0.43$, smanjuju zagađenje za 90%, a potreba za gorivom je samo 66% potrebe ICM vozila.

Slika 3. Gustoća pohranjene energije

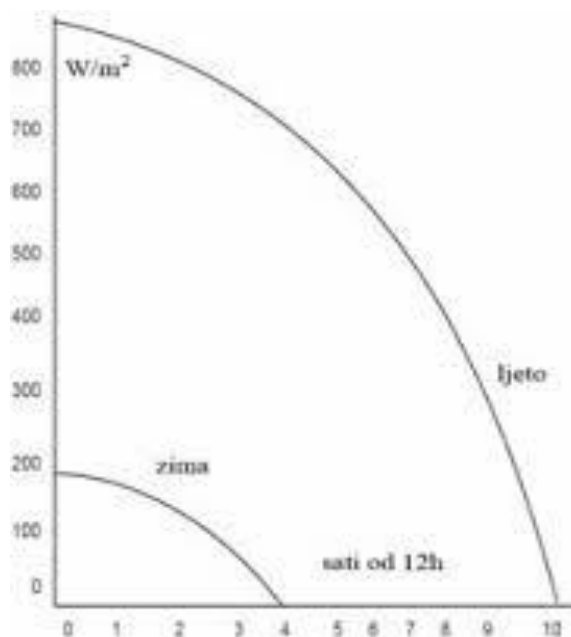


Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIs-vFo8ScyAIVy1wsCh2Geg7U#tbn=isch&q=Tablica+gusto%C4%87e+pohranjene+energije

Kao izvor energije može se koristiti energija sunca. Puno je demonstracija vozila na solarni pogon. Glavni nedostatak takvih rješenja je mala gustoća i nekontinuirana energija sunca [8], slika 2. Ako se kao rješenje glavnog nedostatka ugrade baterije, tada povećanje mase dovodi do većih energetskehtjeva.

Slika 4. Električna svojstva fotonaponske ćelije i gustoća energije sunca na jedinici površine



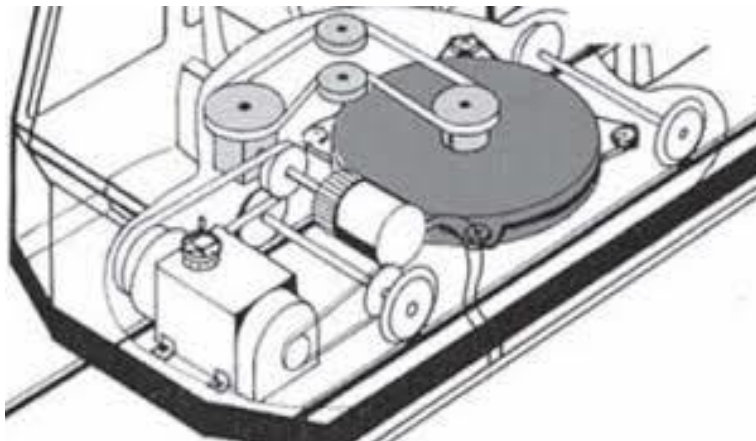
Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

Gorive ćelije kao izvor elektriciteta su dobro razvijene. Postoje više različitih rješenja. Stupanj korisnog djelovanja za visokotemperaturna rješenja ($\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) kreće se u rasponu $\eta = 0.5 - 0.65$. Za EV koriste se ćelije $\eta = 0.4 - 0.5$ koje rade na temperaturi $\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Problem za širu primjenu predstavlja distribucija goriva i sigurnosna pitanja konstrukcije. Zamašnjaci se koriste u vozilima koja često staju i kreću kao pomoć prilikom ubrzanja.

Kao primjer možemo navesti zamašnjak od kompozitnog materijala težine 19 kg, polumjera 390 mm, pri rotaciji 19000 min⁻¹ sadrži 180 kW. Predvorba se odvija uz stupanj korisnosti i do 98%.

Slika 5. Izgled i smještaj zamašnjaka u vozilu.



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

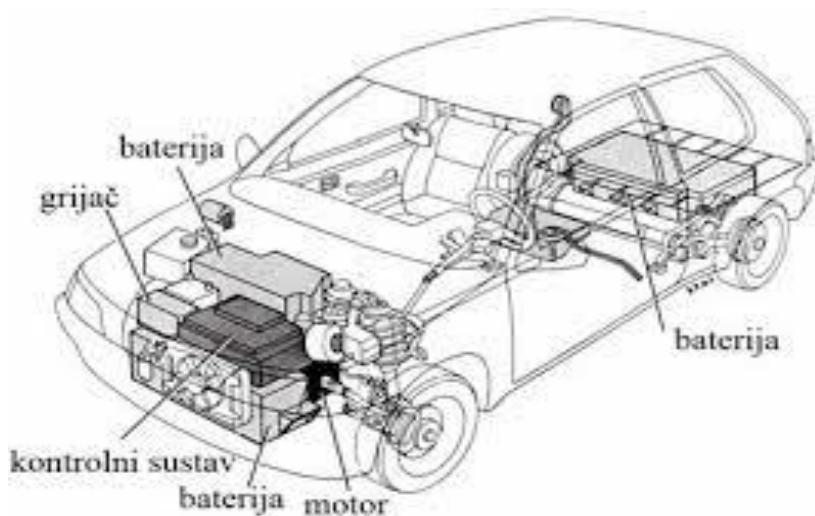
Nada se polaže na razvoj superkondenzatora. Njihova prednost je u brzini akumulacije i predaje energije. Upotrebljava se kao ispomoć baterijama i gorivim ćelijama kada je u kratkom vremenskom intervalu potrebno dati veću količinu energije, npr. prilikom savladavanja uspona ili prikupljanja energije uslijed kočenja.

Razvojem nanotehnologije radi se na superkondenzatorima koji bi imali znatno veći kapacitet.

2.4. Kontrukcija električnih vozila

Konstrukcija EV ovisi o proizvođaču i varira od jednog motora do novijih rješenja s četiri motora integrirana u točkove vozila. Blokovski prikaz je gotovo za sve sličan. Zanimljivo je uočiti tri baterije koje uglavnom nisu iste te se svojim svojstvima nadopunjuju dajući vozilu potrebnu brzinu odziva i energetska skladište dostatnog kapaciteta.

Slika 6. EV Peugeot 106



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIIs

Glavni pomak u razvoju EV na našim prostorima dogodio se na području električnih skutera i bicikala koji su unazad par godina postali dostupni.

Iskustva višegodišnjih korisnika malih električnih vozila ukazuju na baterije kao glavni problem koje uslijed loše kvalitete i skladištenja u zimskim mjesecima brzo propadaju.

3. HIBRIDNI POGONI

Hibridni automobili su oni koji za pokretanje koriste dva ili više izvora energije, umjesto jednog kao kod tradicionalnih automobila. Najčešća je kombinacija benzinskog ili dizelskog motora s elektromotorom, kao što je to slučaj kod Toyote Prius. Hibridna vozila pokretana su električnom energijom, ali i klasičnim motorom s unutrašnjim izgaranjem. Iako su ovakva vozila skuplja od klasičnih, njihova potrošnja goriva je i do dva puta manja, a vozne karakteristike jednake. U osobnim vozilima najčešće se koristi takozvani paralelni hibridni sustav, kod kojega kotače istodobno pokreću i benzinski motor i elektromotor, pri čemu uvjeti vožnje određuju koji pogon preuzima vodeću ulogu.

Hibridni automobili su odnedavno postali vrlo popularni jer imaju znatno manju emisiju štetnih plinova koji onečišćuju zrak i uzrokuju kisele kiše (ugljikov dioksid i drugi).

U svojoj ih ponudi ima većina proizvođača kao na primjer: Toyota, Ford, Cadillac, Honda, Saab, GMC, Chevrolet, Saturn, Chrysler, Dodge, Citroën i Nissan.

S obzirom na autonomnost električnoga pogona, hibridi se dijele na djelomične (mild hybrid) i potpune (full hybrid). Potpuni hibrid je po definiciji onaj kojem je omogućena vožnja vozilom pogonjenim samo elektromotorom. U tom slučaju elektromotor ima u pravilu barem jednu trećinu snage motora s unutarnjim izgaranjem. Kod djelomičnog hibrida elektromotor služi samo kao pomoć motoru s unutarnjim izgaranjem. Stoga je djelomični hibrid i znatno jeftiniji, ali kako je dodatna snaga koju on razvija manja, i ušteda goriva je manja.

Slika 7. Hibridni automobil



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIs-vFo8ScyAIVy1wsCh2Geg7U#tbm=isch&q=+hibridnog+automobila

4. KLASIFIKACIJA HIBRIDNIH POGONA

Hibridno vozilo (engl. HEV – Hybrid Electric Vehicle) je vozilo koje za pogon koristi dva ili više izvora energije.

Osnovna podjela je:

- Hibridi koji kombiniraju motor s unutarnjim izgaranjem (Ottov, Dieslov, s gorivnim ćelijama ili druga alternativna goriva) i elektromotor,
- Hibridi koji kombiniraju motor s unutarnjim izgaranjem ili elektromotor sa zrakom (hibridi na stlačeni zrak, engl. Pneumatic HEV = PHEV),
- Hibridi pokretani ljudskim pogonom ili snagom vjetra i elektromotorom.

Dodatna podjela odnosi se na mogućnost korištenja sekundarne jedinice:

- Polovični hibridi - vozila koja se ne mogu samostalno pokretati sekundarnom jedinicom (elektromotorom) kod kojih je uvijek uključen MSUI,
- Potpuni hibridi – vozila koja se mogu samostalno kretati pomoću sekundarne jedinice (elektromotora).

Hibridi spadaju u grupu vozila sa niskom emisijom štetnih plinova (engl. LEV – Low Emission Vehicles).

S obzirom na vezu MSUI i sekundarne jedinice hibridni pogon se dijeli na:

- serijski,
- paralelni,
- serijsko-paralelni.

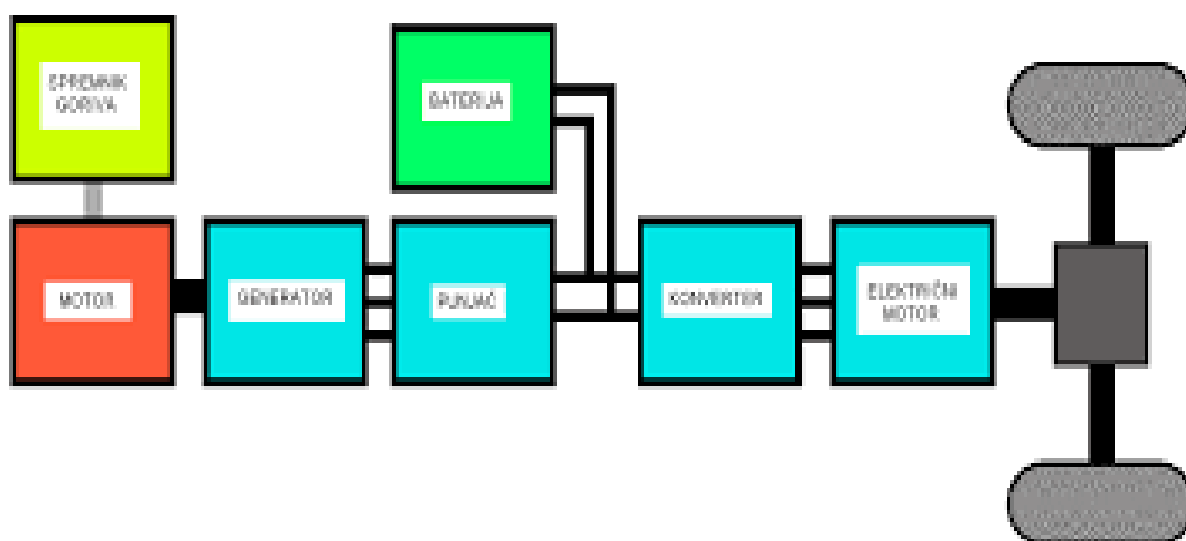
4.1. Serijska izvedba

Serijski hibridni pogon radi tako da motor sa unutarnjim izgaranjem ne pokreće automobil direktno već je spojen kao generator bilo da se puni baterija ili pokreće sam elektromotor, koji pak pokreće cijelo vozilo. Kod već spomenutog serijskog pogona motor pokreće poseban generator kojim se vučni motor opskrbljuje sa električnom energijom i dopunjuje akumulator. Motori se koriste po optimalnoj potrebi a regulacija brzine se ostvaruje električnim motorom. Postojanje akumulatora i električnog motora omogućuje se reverzibilno - motorno kočenje čime se povećava efikasnost vozila². U takvom sustavu MSUI pogoni električni generator umjesto da izravno pogoni kotače. Kada se zahtjevaju velike snage elektromotor "vuče" energiju iz baterija i generatora. Za ovaj sustav nije potrebna transmisija, a ukoliko i postoji može biti jednostavnija nego li kod paralelne izvedbe jer je elektromotor učinkovitiji pri širem rasponu opterećenja dajući konstantan moment. MSUI je kod takve izvedbe obično manji nego kod paralelne izvedbe jer je potreban samo pri prosječnim opterećenjima. Izlazna snaga baterija je veća nego kod paralelne izvedbe koje se koriste pri višim opterećenjima. U konačnici je serijska izvedba skuplja od paralelne zbog većih i jačih baterija te dodatnog generatora. Velika prednost serijske izvedbe očituje se u gradskoj vožnji sa brojnim stajanjima. Razlog tomu je odvojenost MSUI od kotača. To znači da MSUI ne mora podnositi velike razlike u opterećenjima već se uključuje samo u uskom području rada kako bi se smanjili gubici energije i potrošnja. Neka vozila imaju elektromotor na svakom kotaču. Mogu se koristiti zajedno sa superkondenzatorima ili zamašnjacima koji pohranjuju energiju koja se stvara regenerativnim kočenjem koje može povećati iskoristivost. Kako MSUI nije mehanički vezan za kotače može raditi pri konstantnoj brzini vrtnje čak i pri promjeni brzine vožnje.

² Vulin, V.: Hibridni pogoni motornih vozila, završni rad, Veleučilište u Šibeniku, str.8

Takva izvedba ostaje pri višim vrijednostima iskoristivosti Otto motora (37%) dulji period, za razliku od prosječne iskoristivosti od 20%. Ta prednost može rezultirati ukupnom iskoristivošću vozila od približno 50%. Snaga MSUI može teći preko generatora, elektromotora, a u nekim slučajevima i kroz punjač i baterije što predstavlja gubitak energije. Iskoristivost od MSUI do transmisije tada iznosi 70-80%, dok konvencionalne mehaničke spojke imaju iskoristivost od 98%. Prilikom vožnje autocestom MSUI mora proizvesti većinu potrebne energije pri čemu je takva izvedba 20-30% slabija od paralelne izvedbe pri takvoj vožnji jer dolazi do gubitaka u pretvorbi energije te pada okretnog momenta elektromotora.

Slika 8. Serijski hibrid



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIIs-

4.2. Paralelna izvedba

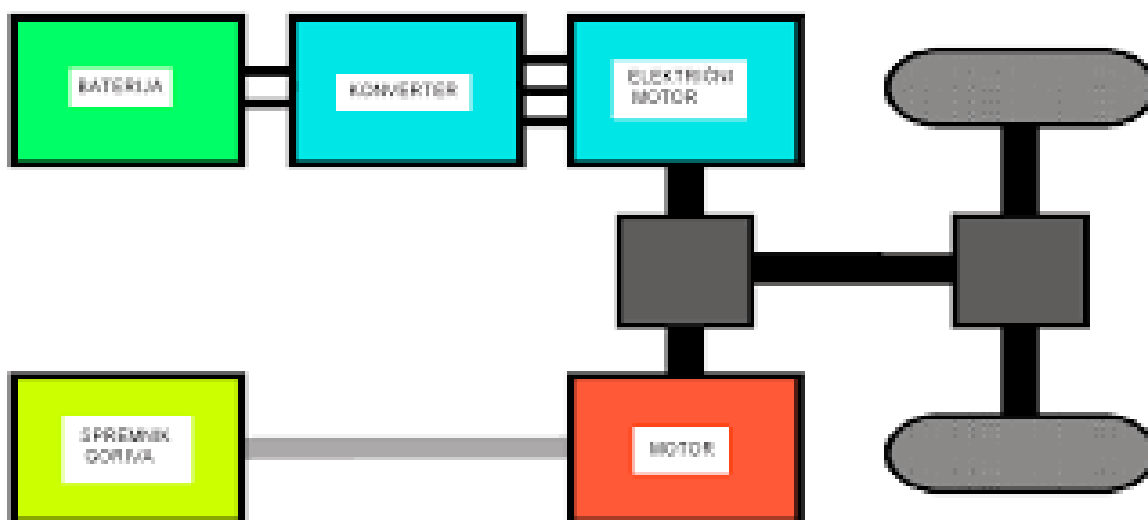
Kod paralelnog pogona postoji mehanička veza između MSUI i kotača, te MSUI i elektromotor mogu raditi istovremeno, ali i odvojeno. MSUI nije spojen direktno na elektromotor kao kod serijske izvedbe. Kao i kod serijskog pogona, i u ovoj izvedbi MSUI radi u optimalnom režimu, pri čemu elektromotor radi kao generator i dopunjava baterije kada je za kretanje vozila potrebna manja snaga od snage MSUI. No, ukoliko je potrebno više energije, MSUI može služiti kao generator za dodatno punjenje, slično kao alternator kod konvencionalnih vozila. Budući da je MSUI spojen direktno na kotače smanjuju se gubici pretvorbe mehaničke energije u električnu i obrnuto, što izvedbu čini efikasnijom na autocesti. Razlog tome je korištenje MSUI pri širem rasponu opterećenja. Smisao uvođenja ovakve tehnologije se može tražiti u činjenici da je instalirana snaga električnih motora manja čime je smanjena i težina vozila³.

Dodatne funkcije, kao što su klima uređaj, radio, rasvjeta pogone se preko elektromotora koji snagu crpi iz baterije umjesto preko MSUI. Tako dodatne funkcije rade ujednačeno bez uzimanja snage MSUI i bez obzira kojom se brzinom on vrti. Dodatna podjela zasniva se na vrsti mehaničke povezanosti pogonskog para motora. Moguća je povezanost preko iste osovine te je ukupan moment zbroj pojedinih momenata motora. Kada jedan od izvora pogoni vozilo drugi se također okreće.

³ Vulin, V.: Hibridni pogoni motornih vozila, završni rad, Veleučilište u Šibeniku, str.8

Uobičajeno je povezivanje izvora preko diferencijala. Daljnja podjela zasniva se na udjelu dobave snage pojedinih pogonskih jedinica. U većini slučajeva je dominantan MSUI, dok se elektromotor uključuje samo pri većim opterećenjima. Suprotno tome, druge izvedbe mogu raditi samo pomoću elektromotora.

Slika 9. Paralelni hibrid



Izvor:

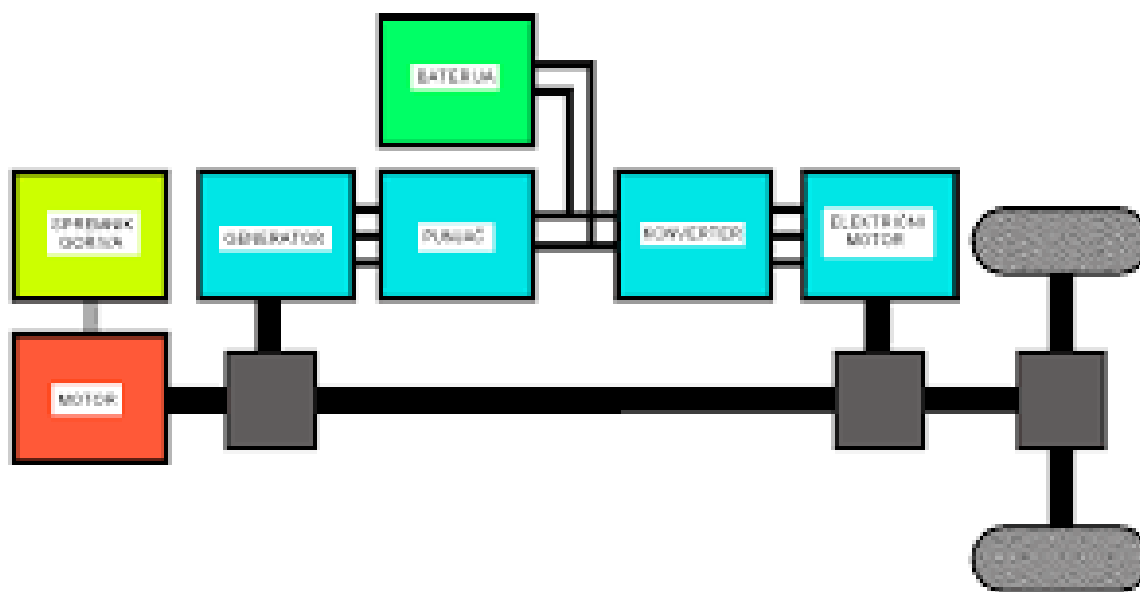
https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIIs-

4.3. Serijsko – paralelna izvedba

Kombinacijom serijskog i paralelnog pogona postiže se najveća učinkovitost.

Serijsko - paralelni hibrid je kombinacija dvaju sustava (THS sustav) te objedinjuje prednosti obaju sustava. Tu benzinski motor i elektromotor sinkrono vrte kotače, a punjenje baterije prepušteno je generatoru koji se, po potrebi, spaja na pogon jednog ili drugog motora. Ovisno o uvjetima vožnje i kontroliranoj štednji energetske rezervi, vozilo se simultano kreće s jednim ili oba pogonska sklopa, pri čemu se baterije stalno dopunjuju. Ovisno o potrebi, u nekim uvjetima rada dominira benzinski motor, a drugim elektromotor. Posebni benzinski motor, snažni elektromotor i generator su mehanički povezani uz pomoć jednostavnog planetarnog reduktora i njima upravlja inteligentni sustav u računalu. Sustav tako uvijek osigurava odlične performanse sa najboljom mogućom iskoristivošću.

Slika 10. Serijsko - paralelni hibrid (THS)



Izvor:

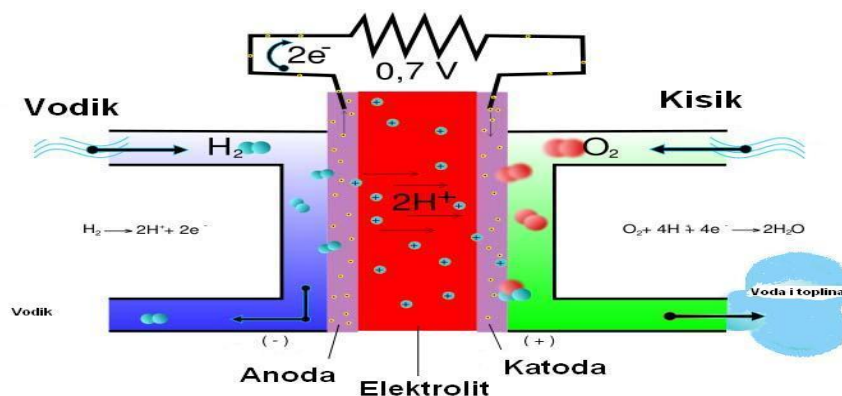
https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

5. DANAŠNJA HIBRIDNA VOZILA I ONA KOJA SE OČEKUJU U BUDUĆNOSTI

5.1. Hibridno vozilo na pogon gorivnim ćelijama

Gorivna ćelija proizvodi električnu energiju kombiniranjem vodika i kisika u kemijskoj reakciji. Radi se o vrsti "minijaturne elektrane". Budući da gorivna ćelija direktno proizvodi električnu energiju, bez izgaranja vodika, čista je i vrlo učinkovita. Ako se uzme da gorivna ćelija u konačnici ima 25% - tnu iskoristivosti energije vodika u hibridnom vozilu naspram maksimalno mogućih 30% do 40% kod Otto motora, prednost se ostvaruje samo u slučaju stvaranja električne struje za proizvodnju vodika iz obnovljivih izvora pa se tek onda s razlogom može nazvati "čisto" gorivo. Nadalje, u osnovi gorivna ćelija ne proizvodi CO₂ ili štetne plinove, a njen je jedini nusprodukt voda. Gorivne ćelije proizvode električnu energiju putem kemijske reakcije između vodika i kisika (iz zraka). Kada se vodik i kisik u plinskom stanju dovedu u kontakt i aktiviraju, oni reagiraju, spajaju se u vodu i oslobađaju energiju. Na anodi se oksidira vodik i oslobađaju se elektroni. Elektroni se vode kroz vanjske vodiče preko trošila na katodu, gdje se reducira kisik.

Slika 11. Prikaz gorive ćelije sa vodikom

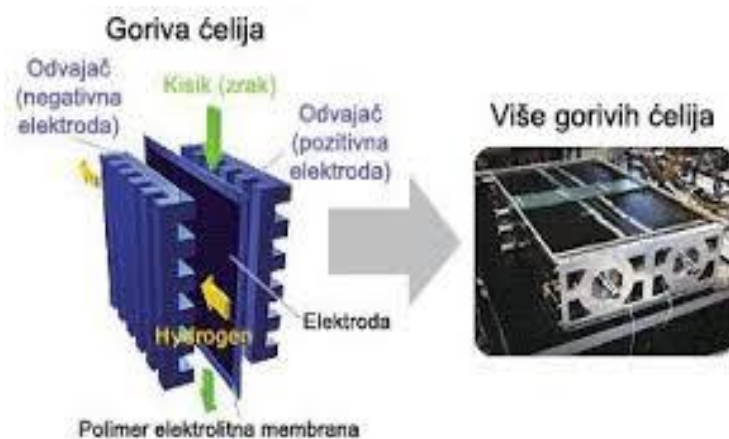


Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIs-vFo8ScyAIVy1wsCh2Geg7U

Postoji nekoliko vrsta gorivnih ćelija, ali one koje se primjenjuju u automobilskoj industriji se temelje na gorivnoj ćeliji s polimernom membranom kao elektrolitom. Ona ima membranu elektrolita polimera s ugrađenim elektrodama na obje strane. Sklop membrana-elektroda nalazi se između separatora koji služe kao prolaz za vodik i kisik. Jedna takva ćelija ima nominalni napon 0,7 V, zato su stotine ćelija serijski spojene za veći napon. Takav niz serijski spojenih ćelija naziva se sklop gorivnih ćelija i na to ljudi misle kada govore o gorivnim ćelijama. Prvo serijsko vozilo pokretano vodikom je Honda CFX Clarity i pogonjeno je sinkronim elektromotorom sa permanentnim magnetom snage 75 kW (100 KS) i okretnim momentom od 256 Nm. Može postići brzinu od 160 km/h, autonomija iznosi 460 km uz ekvivalentnu potrošnju Dieselog motora jednake snage od 2,8 l/100 km. Spremnik vodika sadrži 171 litru. Napredak je postignut poboljšanjem paketa mreža i vodova, u kojima se vodik i kisik spajaju u molekule vode, uz oslobađanje električne energije. Vozilo se može kupiti u SAD-u, preciznije Kaliforniji, gdje postoji mreža stanica za opskrbu vodikom. Cijena vozila iznosi 2.880 kn (600\$) mjesečno kroz 3 godine na leasing. U tehnici vodikova pogona razlikujemo vrelo i hladno izgaranje⁴.

Slika 12. Struktura gorivne ćelije



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

⁴ Bohner M i sur.: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište Zagreb, Zagreb, 2006., str.160

5.2. PHEV – Plug-in hibridno električna vozila

Plug-in vozila predstavljaju hibridna vozila koja imaju mogućnost punjenja električnom strujom izravno iz utičnice. Definirano je i kao vozilo pokretano baterijom koja pohranjuje minimalno 4 kWh energije. Nedostaci takvog vozila su povećana težina, cijena zbog većih baterija te mala autonomija. Za Toyotu Prius postoji mogućnost ugradnje EDrive-a koji smanjuje troškove prijevoza za polovinu povećavajući autonomiju na 65 kilometara korištenjem struje iz 110 voltnih utičnica na koju se utroši 25% cijene goriva kojeg zamjenjuje. EDrive je sustav koji proizvodi tvrtka Hybrid Plus. Oprema koja se koristi u kontroli punjenja je V2G (vehicle to grid) i nadzire vozilo u vožnji ili dok se puni. Podaci su zatim dostupni korisniku preko interneta, u službi praćenja i optimiziranja performansi vozila. U Smart Charge načinu rada struja teče iz električne mreže u vozilo dok je u V2G načinu rada moguć obostran tok energije. Ova nova tehnologija omogućava tvrtkama praćenje punjenja i pražnjenja u stvarnom vremenu te javljanja kada je potražnja za energijom manja ili veća. Cijeli sustav zasniva se na Invegeru koji je integrirani inverter i punjač baterija u jednom za prebacivanje energije između električne mreže i baterija PHEV-a. Inveger je inicijalno napravljen za Ford Escape PHEV i omogućuje brzo punjenje na 220 V mrežu te ima mogućnost vraćanja energije u mrežu kada je ona potrebna pri visokim opterećenjima u danu, u iznosu od 6 kWh. Na taj nači Inveger omogućuje uporabu vozila kao uređaja za pohranu energije.

Koncept plug-in hibrida zanimljiv je onima koji svakodnevno putuju manjim udaljenostima te na taj način mogu potpuno ili djelomično izbjeći korištenje motora s unutarnjim izgaranjem. Na taj se način također smanjuje emisija štetnih plinova ako električna energija kojom se vozilo puni dolazi iz čistih izvora energije. Ford Fussion Energi te Toyota Prius Plug-in Hybrid su primjeri plug-in hibrida⁵.

⁵ Vulin, V.: Hibridni pogoni motornih vozila, završni rad, Veleučilište u Šibeniku, str.12

Prednosti plug – in V2G hibridnog vozila u odnosu na ostala hibridna vozila:

- efikasnija kontrola električne mreže,
- pomoćne usluge (dodatna rezerva snage, regulacija koja održava konstantni napon i stabilnu frekvenciju),
- smanjenje jalove energije,
- potražnja energije pri velikim opterećenjima,
- smanjeni gubici mreže,
- povećana iskoristivost elektran; manja je potreba za novim elektranama jer vozila mogu predati dio energije električnoj mreži te se ponovo napuniti noću kada je struja jeftinija ili u vremenu kada su zahtjevi za električnom energijom manji,
- omogućava integraciju obnovljivih izvora sa napajanjem (sunčeva energija i energija vjetra),
- omogućava brzo napajanje,
- ostvarena električna podrška prilikom putovanja.

Ekonomске i ekološke prednosti:

- smanjenje ukupnog računa korisnika za gorivo i struju,
- jednaki fiksni troškovi komunalnih poduzeća za više iskorištene energije,
- smanjenje cijene prijevoza,
- smanjenje stakleničkih plinova za 27%,
- smanjenje zagađenja urbanih sredina za 80%.

Što se tiče zagađenja, istraživanja su pokazala da su plug-in vozila bolje rješenje od konvencionalnih vozila. Uspoređujući nacionalnu električnu mrežu sa proizvodnjom goriva koja uključuje nabavu, transport, rafinerije i distribuciju, dokazan je rast zagađenja kod prosječne proizvodnje goriva naspram prosječne proizvodnje električne energije. Prednost plug-in vozila je da se mogu puniti noću kada je električna energija jeftinija. Električna energija može se proizvoditi obnovljivim izvorima ili izvorima koji ne sadrže CO₂, dok kod fosilnih goriva to nije slučaj.

EDrive zamjenjuje postojeće NiMH baterije i upravljačko računalo koje nadzire rad baterije sa naprednijom litij-ionskom baterijom i pripadajućim sistemom za kontrolu. Novi sistem omogućuje napajanje kod kuće korištenjem standardnih 110/120 voltnih utičnica. Sa većom baterijom, Prius se u EV načinu vožnje koristi električnom energijom pri malim brzinama ili kada je potrebno manje snage. Rezultat EV načina rada je električno potpomognut Otto motor sa autonomijom od 65 km do istrošenja baterije dok se prosječna potrošnja u kombiniranoj vožnji penje iznad 2.35 l/100 km. Nakon 65 km vozilo se nastavlja kretati kao standardni Prius dok se ponovo ne napuni. Sistem baterija je 2-3 puta trajniji od Toyotinih NiMH baterija i smješten je ispod stražnje osovine kako nebi otežavao pristup rezervnoj gumi. Nakon noćnog punjenja električnom energijom vozilo se može voziti u EV načinu vožnje do brzine od 55 km/h. U tom se trenutku pali Otto motor koji se uključuje pri višim brzinama ili kad je potrebno više snage pri većim opterećenjima, no uvijek uz korištenje struje (prvih 65 km) za smanjenje potrošnje goriva. U EV načinu rada moguće je voziti i do 90 km/h ali samo ako su zahtjevi za snagom dovoljno mali. Na displeju se uvijek može očitati koristi li se Otto motor te koliko se još može "stisnuti" pedalu gasa do uključivanja Otto motora. Pri mirnoj gradskoj vožnji moguće je postići prosječnu potrošnju tekućeg goriva od 1.2 l/100 km. Agresivnijom vožnjom od 105 km/h potrošnja se diže na 2.35 l/100 km. Vožnjom od 120 km/h po autocesti taj se podatak povećava na 2.9 l/100 km. Ta se razlika ostvaruje zbog same konstrukcije Priusa, gdje je električna snaga ograničena na 21 kW ili manje. Na brzinama iznad 55 km/h udio električne energije je konstantan. Tako se pri 90 km/h troši 1/4 energije benzina i 3/4 energije struje, dok je pri 120 km/h doprinos energije benzina 2/3, a električne energije 1/3. Iako je potrošnja električne energije u oba slučaja ista potrošnja goriva se znakovito mijenja, a time i prosječna potrošnja. Sustav Edrive pohranjuje 7,2 kWh energije, dok punjač sustava troši 1 kW snage. Ako je baterija potpuno prazna, potrebno je do 6 sati punjenja. Punjač može raditi i na 240 voltnoj mreži sa jednakom brzinom punjenja. Ukoliko se vozimo ispod 55 km/h korištenjem samo električne energije, Otto motor se uključuje nakon prijeđenih 50 km. Punjenje može uzeti do 6 kWh energije iz mreže, ali u danima kada se vozilo kreće sa brzinama manjim od 55 km/h ta vrijednost može biti i manja. U Sjedinjenim Američkim Državama električna energija u prosjeku košta 0,5 kn/kWh, tada se potpuno punjenje ostvaruje za manje od 5 kn.

U slučaju da se vozilo ne napuni električnom energijom tada se ono ponaša kaoobična Toyota Prius sa prosječnom potrošnjom od 4.7 l/100 km. EDrive je konstruiran za punjač od 1 kW kako bi se punio noću smanjenim tempom. Za razliku od električnih vozila kojima treba dodatno punjenje tokom dana, plug-in hibrid može se voziti pomoću MSUI kada se baterija isprazni. Testiranja su pokazala da bi litij-ionske baterije mogle potrajati od 5 do 10 godina zavisno od režima uporabe. Cijeli paket baterija ima masu od 90 kg, dok Toyotine NiMH baterije teže 36 kg. Ugradnja EDrive-a traje 4 sata i zasad je ta opcija moguća samo u Americi, točnije u Kaliforniji, a ugradnja sustava košta 57.000 kn (12.000\$). U slučaju kvara neke od komponenti Toyota mora dokazati ukoliko je EDrive sustav utjecao na počinjenu štetu. Jamstvo na EDrive iznosi 3 godine ili 60.000 km i ne postoji opcija ugradnje na konvencionalna osobna vozila. Paralelno sa tom tehnologijom moguća je ugradnja fotoosjetljivih elemenata u Prius u cilju povećanja učinkovitosti ali sa zanemarivo malom dobiti u konačnici. U budućnosti je planiran veliki korak sa litij-ionskim baterijama, kako za hibridna vozila tako i za električna vozila. One bi trebale pojeftiniti i povećati iskoristivost hibridnih vozila. U konačnici je električna energija čišća energija od klasičnog dobivanja fosilnih goriva čime štitimo okoliš, što je jedna od glavnih zadaća hibridnih vozila. Prednost se očituje i u korištenju solarnih ćelija te raznih alternativnih načina dobivanje električne energije koja se lako prenosi te ima velik stupanj iskoristivosti.

Slika 13. Plug-in hibrid



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

5.3. Vozilo s pogonom na komprimirani zrak

Ideja o hibridnom vozilu na komprimirani zrak postoji dulje vrijeme. Proces se odvija tako da komprimirani zrak iz spremnika pod tlakom izravno ulazi u motor pogoneći cilindre. Takvi motori su vrlo lagani, obično aluminijski, a masa im je upola manja od konvencionalnih motora. Punjenje se može obavljati koristeći kućni zračni kompresor ili kompresor na benzinskoj stanici. Energija potrebna za stvaranje stlačenog zraka uzima se iz elektrana koje imaju veću iskoristivost te proizvode manje količine CO₂ od pojedinačnih vozila. Motori na komprimirani zrak pojeftinjuju proizvodnju vozila jer nema potrebe proizvoditi sustave za ubrizgavanje goriva, svjećice i ostale dijelove. Za motore na komprimirani zrak gubitak predstavlja pretvorba električne energije u energiju komprimiranog zraka. U kolovozu 2008. godine najveći indijski proizvođač vozila Tata Motors, zajedno s MDI grupom iz Francuske, najavio je serijsku proizvodnju malog gradskog hibridnog automobila CityCat na komprimirani zrak. Prema studiji vozilo je trebalo imati "zračni" motor snage 20 kW kojim bi vozilo postizalo brzinu od 90 km/h, s radijusom kretanja od približno 100 km, što bi trebalo biti dovoljno za dva dana gradske vožnje. Spremnik stlačenog zraka izrađivao bi se od ugljičnih vlakana. Materijali spremnika moraju kod takvih vozila izdržati velika opterećenja pa su preporučeni materijali od čelika, aluminija ili kevlar. Tlak zraka iznosi do 300 bara, a spremnik bi se u specijaliziranim punionicama mogao napuniti za oko tri minute na benzinskim crpkama ili za oko 4 sati kućnim kompresorom.

Predviđena cijena takvog vozila iznosi 61.000 kn (12.700\$). Ovakav automobil ne zagađuje okolinu na mjestu rada jer, zapravo koristi energiju velikih udaljenih elektrana. Kako je koeficijent korisnosti velikih elektrana i dvostruko veći od koeficijenta korisnosti MSUI, u konačnici je i globalno zagađenje značajno manje. Osim toga emisiju štetnih plinova puno je lakše kontrolirati u velikim sustavima kao što su elektrane.

Slika 14. Hybridno vozilo CityCat na pogon komprimiranim zrakom



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

Takav proces može se približno opisati izotermnom promjenom stanja. Prilikom izotermne kompresije mehaničku energiju spremljenu izotermičkim tlačenjem u obliku energije plina možemo dobiti natrag izotermnom ekspanzijom. Za ostvarenje takvog procesa potrebna je dobra termička povezanost rezervoara s okolinom kako bi smanjili gubitke jer je potrebno odvoditi toplinu koja se razvija prilikom kompresije, a prilikom ekspanzije dovoditi toplinu iz okoline kako se zrak ne bi ohladio. U realnim uvjetima se spremnik volumena V [m³] puni stlačenim zrakom iz okoline. Pohranjena energija u idealnom slučaju tada iznosi:

$$E = pV \ln(p/p_{atm}) \text{ [J]}$$

jednaka je energiji idealnog plina pri tlaku spremnika p [Pa], gdje je p_{atm} [Pa] atmosferski tlak, E je energija idealnog plina [J]. Spremnik od 300 litara pri tlaku od 300 bara sadrži energiju 1051 MJ što je ekvivalent energiji koju sadrži 1,5 litara benzina.

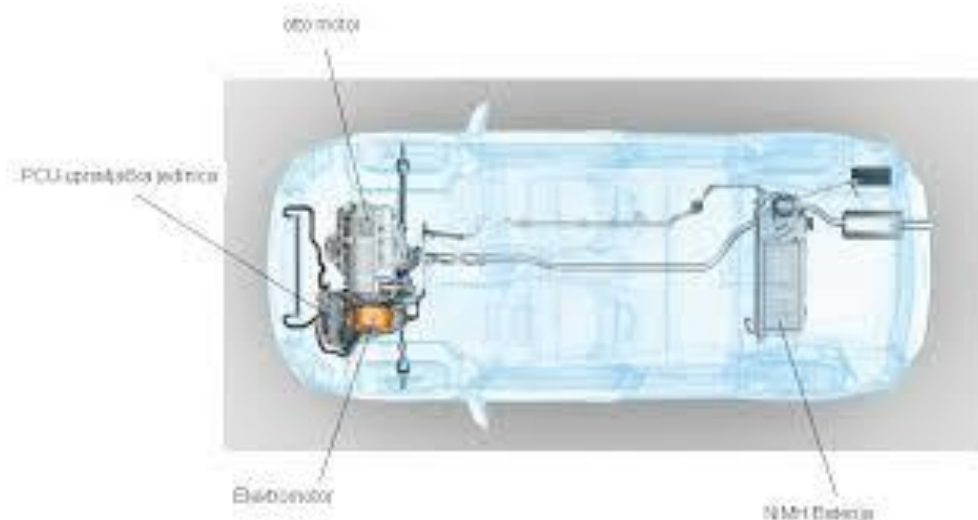
5.4. Potpuno hibridno vozilo serijsko-paralelne izvedbe

Kod hibrida s jednim ili dva elektromotora da bi se snaga prenijela na pogonske kotače potreban je poseban sklop planetarnih zupčanika ili spojki kojim su MSUI i elektromotor preko osovinskih reduktora spojeni na diferencijal. Takvi hibridi imaju remenski CVT (engl. Continuously Variable Transmission) automatski mjenjač spojen na nosač planetarnih prijenosnika. Kod hibrida koji imaju elektromotore smještene zasebno u kotačima pogon je na sve kotače i elektromotori služe kao glavni pogon vozila. Pri tome Otto motor pokreće generator čime se pokreće elektromotor i napajaju baterije. U praksi elektronički sklop upravlja režimom rada hibrida te zasebnim ili zajedničkim radom pojedinih motora. Prema tome, u praksi kada se udruže elektromotor i MSUI, postiže se veliki okretni moment koji je dostupan već od 0 okretaja/min upravo zahvaljujući elektromotoru. Jedan od tipičnih predstavnika serijsko-paralelne hibridne tehnologije je Toyota Prius zadnje generacije koja je predstavljena 2009. godine. Motor je zapremine 1.8 litara sa VVT-i tehnologijom (73 kW, 142 Nm) zajedno sa elektromotorom (60 kW, 207 Nm), dok zajednička snaga MSUI i baterije iznosi 100 kW. U kombiniranoj vožnji gradom i autocestom prosječna potrošnja iznosi 3,9 l/100 km. To se omogućilo smanjenjem težine, poboljšanjem aerodinamike ($C_d = 0,25$) te promjenama u sustavu upravljanja kada se vozilo kreće samo pomoću elektromotora. Kao i kod prve generacije koriste se NiMH baterije. Izvedba se naziva “The Hybrid Synergy Drive”, i spada u serijskoparalelne izvedbe sistema koji pruža snagu neovisno o opterećenju sa blagim izmjenama stupnjeva prijenosa, boljim odazivom na pedal gasa i smanjenom potrošnjom goriva. Pri normalnoj vožnji Otto motor pokreće kotače uz pomoć generatora i elektromotora. Suvišna snaga Otto motora preko generatora puni baterije. Omjeri te raspodjele se mijenjaju kako bi sustav osigurao najveću moguću učinkovitost. Pri naglom ubrzanju Otto motor pokreće kotače uz pomoć generatora i elektromotora, dok baterija pod visokim naponom dovodi elektromotoru dodatnu energiju. Rezultat je vožnja bez trzaja i bolje ubrzanje. Kod kočenja ili usporavanja Otto motor se gasi, elektromotor preuzima ulogu generatora koji kontrolira kočenje kotača.

gustoća energije benzina iznosi 34,2 MJ/l, ($E = pV \ln(p/p_{atm}) = 300 \cdot 105 \text{ Pa} \times 0.3 \text{ m}^3 \times \ln(300) = 51 \text{ MJ}$).

Regenerativni sustav kočenja pretvara kinetičku energiju vozila u električnu energiju kojom puni baterije, te stoga baterije nije potrebno priključivati na električnu mrežu. Napunjenost baterije pod visokim naponom održava se na određenoj razini. Ako je razina niža, automatski se pali Otto motor koji ponovno puni baterije (preko generatora). Kada vozilo miruje Otto motor se automatski gasi. Pri ubrzanju iz mirovanja i niskim brzinama (do 45 km/h) Otto motor također miruje te vozilo pokreće samo elektromotor.

Slika 15. Prikaz najvažnijih dijelova toyote prius



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIIs

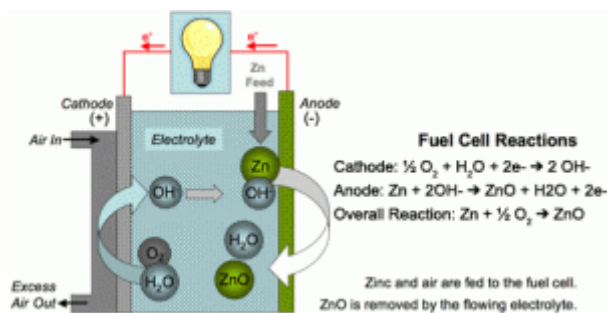
Upravljačka jedinica preko ulaznih podataka od strane vozača te korištenjem podataka računala motora i računala baterije optimizira raspodjelu cjelokupne snage koja se prenosi do kotača. Prilikom kretanja koristi se energija pohranjena u baterijama preko elektromotora, kod normalne vožnje kombinira se rad Otto motora i elektromotora pri čemu se baterije pune manjim intenzitetom. Pri punim opterećenjem Otto motor preuzima većinu opterećenja dok se manjak snage nadomješta energijom iz baterija. Prilikom kočenja elektromotor radi kao generator vraćajući energiju nazad u baterije. Kod stajanja Otto motor se potpuno isključuje u cilju štednje goriva

6. AKUMULATORSKA BATERIJA

Akumulatorska baterija je ključna komponenta u gotovo svim električnim vozilima. Kod klasičnih električnih vozila akumulatorska baterija je jedino spremište energije i komponenta s najvećim volumenom, težinom i najvišom relativnom cijenom. U hibridnim je vozilima akumulator koji konstantno mora primati i davati električnu energiju također ključna komponenta najveće važnosti. Baterija (akumulator) se sastoji od dvije ili više povezanih električnih ćelija. Ćelije pretvaraju kemijsku energiju u električnu energiju, a sastoje se od pozitivnih i negativnih elektroda povezanih elektrolitom. Kemijska reakcija između elektroda i elektrolita generira istosmjerni (DC) elektricitet. U slučaju sekundarnih (punjivih) baterija kemijska reakcija može se obrnuti promjenom smjera struje, te se tada baterija puni.

Postoji velik broj materijala i elektrolita koji se mogu kombinirati kako bi se formirala baterija. Međutim, razvijen je relativno mali broj kombinacija za komercijalne električne baterije koje se mogu puniti pogodne za vozila. Trenutno su to kiselina, nikal željezo, nikal kadmij, nikal metal hidrid, litij polimer i litij željezo, natrij sumpor i natrij metal klorid. Postoje također noviji tipovi baterija koji se mogu mehanički puniti - glavni su aluminijzrak i cink-zrak.

Slika 16. Cink-zrak baterija



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIIs

6.1. Značajke akumulatorskih baterija

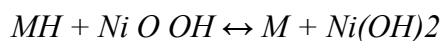
Usprkos svim različitim iskušanim mogućnostima i oko 150 godina razvoja, još uvijek nije razvijena baterija pogodna za široku upotrebu kod električnih vozila. Međutim, nedavno su ostvareni određeni važni pomaci u tehnologiji izrade baterija koji pružaju veliku nadu u budućnost. Također je moguće dizajnirati vrlo korisna vozila koristeći postojeće baterije kao jedino ili glavno spremište energije. Sa stajališta dizajnera električnih vozila, baterija se može promatrati kao "crnu kutiju" koja ima niz karakteristika. Te karakteristike uključuju specifičnu energiju, gustoću energije, specifičnu snagu, specifičnosti napona, efikasnost ampersata, efikasnost energije, komercijalnu dostupnost, cijenu, radnu temperaturu, stope samopražnjenja, broj životnih ciklusa i stope punjenja. Također je vrlo važno barem temeljno poznavanje kemijskih procesa baterije radi razumijevanja rada i održavanja različitih tipova baterije, te negativne efekte kao što su ograničeni vijek trajanja, samopražnjenje, smanjena efikasnost pri višim strujama itd. Potrebno je također temeljno znanje o mogućim opasnostima u slučaju nesreće te o općem utjecaju kemikalija iz baterije na okoliš, s naglaskom na recikliranje upotrijebljenih baterija.

6.2. Nikal-metal-hidridne baterije

Nikal-metal-hidridna baterija (NiMH) uvedena je na tržište u zadnjem desetljeću 20. stoljeća. Radi slično NiCd bateriji, s glavnom razlikom u tome što NiMH baterija kao negativnu elektrodu koristi vodik apsorbiran u metal hidrid. Na ovaj način se izbjegava korištenje kadmija, a to je znatna prednost s ekološkog stanovišta (kadmij je iznimno toksičan). Zanimljiva karakteristika ovog tipa baterije je to što se negativna elektroda ponaša slično gorivoj ćeliji. Reakcija na pozitivnoj elektrodi je ista kao na ćeliji nikal kadmija; nikal oksihidroksid postaje nikal hidroksid tijekom pražnjenja. Na negativnoj elektrodi vodik se otpušta iz metala za koji je privremeno vezan i reagira s hidroksidnim ionom (OH⁻), proizvodeći vodu i slobodne elektrone.

Alkalni metali koji se koriste za spremene vodika su obično slitine. Princip njihova rada je potpuno jednak kao u spremištima metal hidrid vodika koja se koriste u gorivim ćelijama. Temeljni princip je reverzibilna reakcija u kojoj se vodik veže za metal, te se potom otpušta kao slobodni vodik po potrebi. Da bi to funkcioniralo, ćelija mora biti zatvorena, s obzirom da je važan pokretač procesa apsorpcija i de-apsorpcija tlak vodikovog plina koji se održava na približno konstantnoj vrijednosti. Drugi razlog zbog kojeg je važno zatvaranje je taj što će se slitine koje apsorbiraju vodik oštetiti ako zrak uđe u ćeliju. To je zato što će reagirati sa zrakom, a druge molekule će zauzeti mjesta pohrane vodika. Slika prikazuje reakcije tijekom pražnjenja NiMH ćelije. Kad se napuni, reakcije su obrnute. Pri punjenju i pražnjenju voda se stvara potpuno istim tempom kojim se i koristi, pa se stoga elektrolit ne mijenja sa stanjem napunjenosti.

Opća kemijska reakcija za NiMH bateriju piše se:



Po gustoći energije i gustoći snage metal hidridna ćelija je ponešto bolja od NiCd baterije. NiMH baterije imaju nominalnu specifičnu energiju od oko 65 Wh·kg⁻¹ i nominalnu gustoću energije od 150 Wh·L⁻¹ i maksimalnu specifičnu snagu od oko 200 W·kg⁻¹. U većini pogleda, njen rad je sličan ili malo bolji od nikal kadmijeve ćelije. Nominalni napon ćelije je 1.2 V. Jedno područje u kojem je NiMH bolja od NiCd je to što ju je moguće puniti nešto brže. Ustvari, može se puniti toliko brzo da je nužno hlađenje.

Kao što se stvara toplinska energija normalnim unutarnjim otporom baterije, tako reakcija u kojoj se vodik veže na metal uz negativnu elektrodu oslobađa toplinsku energiju. Osim ako se radi o motociklu ili skuteru s malom baterijom, sistem hlađenja je važna značajka NiMH baterijskih sistema. Dostupni su u malim veličinama, ali počinju se pojavljivati veće baterije prikladne za električna vozila.

NiMH baterija ima nešto veći kapacitet pohrane energije od NiCd sistema iste snage i nešto je skuplja. Jedina značajka pokojoj je NiMH baterija lošija od NiCd baterija je efekt samopražnjenja. Režim punjenja je sličan onome NiCd baterije sa strujom koja se uključuje i isključuje kako bi se napon ćelije održao između gornjeg i donjeg limita. Poput NiCd baterija, NiMH baterija se može napuniti u roku od jednog sata. Djelomično prepunjavanje je nužno kako bi svaka ćelija bila potpuno napunjena. Od svih novih baterija NiMH se smatra jednom od najnaprednijih i koristi se kod niza vozila uključujući Toyotu Prius koja je daleko najuspjeliji električni hibrid do danas. Tržišni udio NiMH baterija je još uvijek mali, no za očekivati je da će cijena pasti s povećanjem proizvodnje. Za te se baterije smatra da najviše obećavaju za primjene u automobilske industriji u budućnosti.

6.3. Litij- ionska baterija

Litij-ionska baterija uvedena je ranih 1990-ih i koristi metalni oksid za pozitivnu elektrodu i ugljik za negativnu elektrodu. Elektrolit je tekuća organska otopina ili čvrsti polimer. Električna se energija dobiva kombiniranjem litij-ugljika (litij-karbida) i litij metal oksida da bi se dobio ugljik i litij metal oksid. Za litij-ionsku bateriju je važno napomenuti da je potrebna stroga kontrola napona pri punjenju litijevih ćelija. Ako se dozvoljeni napon i malo prekorači, može oštetiti bateriju, dok kod preniskog napona baterija neće biti dovoljno napunjena. Uz bateriju se razvijaju i prikladni komercijalni punjači. Litij-ionska baterija ima znatnu prednost što se tiče težine pred drugim baterijskim sistemima i to je čini veoma atraktivnim kandidatom za buduća električna vozila. Specifična energija je na primjer tri puta veća u odnosu na onu galvanskog članka (olovne baterije), što je svakako povoljna značajka. Međutim, velike su baterije trenutno vrlo skupe i njihov će se potencijal potpuno razviti tek kada padne cijena takvih baterija. Proizvedeno je nekoliko električnih vozila s baterijama na bazi litija, no to su bila vozila konceptijskog tipa za potrebe demonstracije. Jedan takav primjer je električna verzija Forda Ka proizvedenog 2001. godine.

Slika 17. Litij-ionska baterija



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI

7. POTICAJI I ULAGANJE U HEV

Klimatske promjene su jedan od vodećih problema današnjeg društva, te su u velikom dijelu izazvane efektom staklenika. Proizvodnja CO₂ u pojačanoj industrijskoj aktivnosti (izgaranje fosilnih goriva) i druge ljudske aktivnosti su povećale koncentraciju CO₂ u atmosferi. Europski Parlament je 17. prosinca 2008. izglasao paket zakona o klimi i energiji, te tako završio sporazum koji će pomoći transformaciji Europske Unije u gospodarstvo sa niskom razinom CO₂, dok će se povećati budući dobavljači energije. Potpuno usklađen sa prijedlogom Komisije u siječnju 2008, postignut je sporazum koji definira zakonski obvezujuće ciljeve do 2020. Postavljeni su slijedeći ciljevi: smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 20%, uspostaviti udio od 20% za obnovljivu energiju i poboljšati energetske učinkovitost za 20%. Postignut sporazum također uključuje reviziju u četiri ključna područja. Prvo je sporazum da se revidira postojeći sustav trgovanja emisijama. Drugo je revizija mjera za smanjivanje potrošnje CO₂ koja pada izvan djelokruga sustava trgovanja emisijama. Treće je sporazum revidiranja zakonskog okvira za ekološki sigurno skupljanje i pohranjivanje ugljika. Također su postignute izmjene vezane na prijedloge za CO₂ emisije vozila i za kvalitetu goriva. Europa predvodi borbu protiv klimatskih promjena, kao prva regija na svijetu koja se obvezala na tako dalekosežna i zakonski obvezujuća smanjenja u emisijama. Izglasavanje ovog sporazuma je važan doprinos postizanju ciljeva postavljenih u međunarodnom klimatskom sporazumu koji će biti potpisan u Kopenhagenu do kraja 2009. Jedan od načina borbe protiv globalnog zatopljenja je uvođenje fiskalnih i nefiskalnih politika koje će direktno promicati i podržavati dalekosežne, ekološki prihvatljive inicijative koje vode do poboljšanja energetske efikasnosti i podržavaju ulaganja u obnovljive i čiste energetske alternative. To mogu biti razni poticaji koji će potaknuti tvrtke i pojedince da usvoje energetske efikasne prakse.

Mjere uključuju:

- porezni poticaji ili davanje pomoći za proizvodnju i/ili distribuciju energetski efikasnih proizvoda,
- poticaji za usvajanje standarda ekološkog upravljanja,
- poticaji za instaliranje uređaja koji štede energiju,
- poticaji za smanjenje emisija vezanih uz prijevoz,
- između ostalog, poticanje upotrebe javnog prijevoza, smanjenje tarifa na uvoz osobnih vozila i vozila javnog prijevoza koji efikasno koriste gorivo,
- porezne olakšice za poboljšanja u kućanstvu koja će dovesti do veće energetske učinkovitosti, kao što je ugradnja novih energetski učinkovitih prozora, sustava za grijanje/hlađenje ili sustava solarnih panela/ćelija,
- porezni poticaji kod kupnje energetski učinkovitih kućanskih aparata,
- porezni poticaji za nabavu energetski učinkovitih vozila i infrastrukture za javni prijevoz.

Još jedan dobro usvojen pristup u mnogim zemljama je poticanje potrošača da kupuju hibridna električna vozila (HEV). U skladu sa klimatskom politikom EU-a, mnoge Europske zemlje imaju poticaje za hibridna vozila, a u najviše slučajeva pružaju jednokratne poticaje za kupnju HEV-a.

Belgija, Norveška, Švedska, Island, Danska, Irska, Italija, Francuska, Španjolska, Švicarska i Slovačka daju jednokratne poticaje koji iznose od 266 EUR (Danska) do 4.230 EUR (Belgija). Zemlje kao što su Nizozemska, Monako, Grčka, Velika Britanija i Cipar imaju jednokratne i dodatne godišnje poticaje za kupnju HEV-a.

SAD, Velika Britanija i Irska su također poduzele inicijative koje uključuju HEV. U Velikoj Britaniji, vozači HEV-a imaju pravo na najnižu stopu poreza na automobile, koji se temelji na CO₂ emisiji. U centru Londona, ova vozila su također oslobođena od dnevne pristojbe za prometno zagušenje u iznosu od 8£. Prema sadašnjem sustavu, "najzelenija" vozila imaju pravo na 100% popusta zbog njihove niske razine emisija.

Kako bi mogli koristiti popust, vozilo mora biti na važećoj listi „Power Shift Register”. Trenutno lista sadrži najčišća vozila na LPG i prirodni plin i većinu hibrida, te električna vozila na baterije i gorivne ćelije. U SAD-u kupnja hibridnih vozila omogućuje kupcu olakšicu na savezni porez na prihod do visine od 15.120 kn (\$3.150). Sustav olakšica u SAD-u funkcionira na slijedeći način: olakšice će biti smanjene na 50% u visini od 7.560 kn (\$1.575) ako se isporučuju u trećem ili četvrtom kvartalu nakon što je postignut prag. Zatim će se smanjiti na 25% (\$850) u petom i šestom kvartalu, a nakon toga će biti 0%. Mnoge savezne države daju dodatne porezne olakšice kupcima hibridnih električnih vozila. Što se tiče javnog prijevoza, on je energetske efikasniji od prijevoza osobnim vozilima. Automobili na primjer koriste 58% više energije po putniku nego željeznica, a osobni automobili stvaraju i 9 puta više stakleničkih plinova od prijevoza podzemnom željeznicom. Ljudi koji koriste osobne automobile za prijevoz trebaju oko 20 puta više prostora od onih koji koriste javni prijevoz. Ekološke prednosti javnog prijevoza pred vozilima na konvencionalni pogon su jasne, a EU je u skladu s tim dosljedna u svojoj podršci javnom prijevozu i u sadašnjim državama članicama EU kao i u kandidatima za EU članstvo. Hrvatska je zemlja kandidat za EU članstvo, te je u procesu prilagođavanja svojih zakona i propisa sa zakonodavstvom, direktivama i normama EU. Dvije glavne prednosti HEV-a su smanjena emisija CO₂ u zrak, zbog manje potrošnje goriva i smanjeno zagađenje bukom zbog električnog motora koji je efikasniji u praznom hodu i kod manjih brzina. Uvođenje ekološki prihvatljivih poticaja, kao što su porezne olakšice i državne subvencije za hibridna vozila i javni prijevoz (kao i druge inicijative), koristilo bi okolišu i uskladilo hrvatske inicijative sa onima u klimatskoj politici EU. Također bi direktno koristilo hrvatskim građanima i tvrtkama kroz promoviranje i financijsku podršku održivosti i ekoloških inicijativa. Nažalost, Hrvatska uopće nema takvih poticaja.

Slika 18. Zeleni pojas



Izvor:

https://www.google.hr/search?q=poticaji+i+ulaganja+u+hev&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMIIs

8. ZAKLJUČAK

U radu su objašnjeni osnovni pojmovi vezani za električna i hibridna vozila i njihove mogućnosti. Upotreba električnih vozila ne znači nužno smanjenje ukupne potrošnje. Glavni razlog njihovog daljnjeg razvoja je rješavanje ekološkog problema zagađenja i iscrpljivanje rezervi nafte koja je trenutno primarno gorivo za 700 milijuna vozila, a ujedno i nezamjenjiva osnova za proizvodnju plastike, za kemijsku industriju i najvažnije - za većinu medicinske opreme. Razvoj tehnologije i porast cijena goriva dovodi do rasprave o ekonomskoj isplativosti električnog vozila o kojoj do 60 tih godina prošlog stoljeća nije bilo ni govora. Teško je napraviti jednoznačnu usporedbu raznih tipova vozila pa se ona radi po različitim kriterijima. Autori zastupaju stav da nije prioritetno uspoređivati ICM sa EV sa stajališta energetske i ekonomske isplativosti jer budućnost ovisi o smanjenju emisije štetnih plinova. Veći napredak hibridnih vozila koče naftni lobiji i nedovoljno razvijeni izvori alternativnih goriva. Trenutačno su električna vozila najčišća, no ne pružaju visoke performanse, nisu praktična i često se moraju puniti. Vozila na gorivne ćelije očekuje veliki razvoj koji će morati biti potpomognut izgradnjom potrebne infrastrukture. Niska potrošnja ne predstavlja smanjenje performansi kod hibridnih vozila u odnosu na konvencionalna vozila jer sekundarna jedinica, u pravilu elektromotor, nadopunjuje nedostatke MSUI zbog svoje velike iskoristivosti (90%) i konstantnim momentom koji je dostupan već od 0 min⁻¹. Hibridna vozila ostavljaju mogućnost korištenja alternativnih goriva kao što su biodizel, metanol, etanol, plinovito gorivo, prirodni plin ili ukapljeni naftni plin. Veliki nedostatak hibridnih vozila predstavljaju dodatni troškovi elektroničkih komponenti koji mogu iznositi i do 25% ukupne cijene hibridnog vozila (primjer je Toyota Prius kod koje elektroničke komponente hibridnog pogona imaju cijenu 61.076,00 kn što čini 24% ukupne cijene). Uz HV razvijaju se i sustavi za pohranu energije kao što su baterije, superkondenzatori i zamašnjaci.

Nažalost alternativni ili točnije dopunski izvori energije nisu dostatni za podmirenje energetskih potreba i daljnji razvoj. Rješenje je moguće u oživljavanju proizvodnje nuklearne energije.

9. LITERATURA

Knjige:

1. Bohner M i sur.: Tehnika motornih vozila, Pučko otvoreno učilište Zagreb, Zagreb, 2006.
2. Golubić, J.: Promet i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1999.

Internet stranice:

3. https://hr.wikipedia.org/wiki/Hibridni_automobil
4. https://www.google.hr/search?q=hibridni+automobili&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI3eCd8r-cyAIVRlwsCh2rQg-Y&dpr=1.1
5. https://www.google.hr/search?q=hibridni+automobili&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI3eCd8r-cyAIVRlwsCh2rQg-Y&dpr=1.1#tbm=isch&q=hibridni+automobili+i+elektri%C4%8Dni
6. https://www.google.hr/search?q=hibridni+automobili&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI3eCd8r-cyAIVRlwsCh2rQg-Y&dpr=1.1#tbm=isch&q=elektri%C4%8Dni+automobili
7. https://www.google.hr/search?q=hibridni+automobili&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI3eCd8r-cyAIVRlwsCh2rQg-Y&dpr=1.1#tbm=isch&q=litij+ionska+baterija
8. https://www.google.hr/search?q=hibridni+automobili&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI3eCd8r-cyAIVRlwsCh2rQg-Y&dpr=1.1#tbm=isch&q=elektri%C4%8Dni+na%C4%8Dni+spajanja+automobila
9. <http://www.ho-cired.hr/4savjetovanje/SO4/a/SO4-15.pdf>
10. https://bib.irb.hr/datoteka/717355.140925_Elektricna_Vozila_ms.pdf

11. https://www.google.hr/search?q=povijest+električnih+automobila&rlz=1C2GGGE_enHR374&biw=1242&bih=594&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI6sXg4cGcyAIVRBQsCh2B3A55#tbm=isch&q=klasifikacija+hibridnih+pogona
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_hybrid
13. <http://www.croenergo.eu/predstudija-zeleni-prijevoz-perspektiva-odrzivosti-3963.aspx>
14. <http://eauti.com/koje-su-prednosti-hibridnih-vozila/>
15. https://bib.irb.hr/datoteka/541734.Hibridna_tehnologija.doc
16. <http://autocarf1.wordpress.com/2009/02/03/vw-touareg-hybrid-prototyp/>
17. <http://sr.scribd.com/doc/66387975/Hibridna-vozila-2011>

Popis slika

Slika 1. Povijest električnog automobila	3
Slika 2. Olovni akumulator	5
Slika 3. Gustoća pohranjene energije	6
Slika 4. Električna svojstva fotonaponske ćelije i gustoća energije sunca na jedinici površine	7
Slika 5. Izgled i smještaj zamašnjaka u vozilu.	8
Slika 6. EV Peugeot 106	9
Slika 7. Hibridni automobil	10
Slika 8. Serijski hibrid	13
Slika 9. Paralelni hibrid	15
Slika 10. Serijsko-paralelni hibrid	16
Slika 11. Prikaz gorive ćelije sa vodikom	17
Slika 12. Struktura gorivne ćelije	18
Slika 13. Plug-in hibrid	22
Slika 14. Hibridno vozilo CityCat na pogon komprimiranim zrakom	24
Slika 15. Prikaz najvažnijih djelova toyote prius	26
Slika 16. Cink-zrak baterija	27
Slika 17. Litij- ionska baterija	31
Slika 18. Zeleni pojas	35